第46卷 第10期
2023年10月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 46 No. 10
Oct. 2023

中国与“一带一路”沿线国家空间联通水平差异与成因分析

肖懿晨[1]， 文 军[1]， 李玲玉[2]， 冯庆旺[1]

（1. 中国民用航空飞行学院机场学院，四川 广汉 618307；
2. 中国民用航空飞行学院经济与管理学院，四川 广汉 618307）

摘 要：交通基础设施联通是“一带一路”五通的重要组成部分。考虑到中国与周边国家复杂的地理特征，铁路和公路的建设成本高、周期长，在搭建“一带一路”沿线国家空间联通时，应率先提高中国与“一带一路”国家航空运输的联通水平。通过对2019年中国与“一带一路”沿线国家航空运输联通水平的现状梳理，结合其内涵特点构建了航空运输联通水平的评价指标体系。从中国民航局、飞常准和《从统计看民航》收集所需数据，采用因子分析法计算中国与“一带一路”各国的航空运输联通度综合得分，并采用*K*-均值聚类算法，将“一带一路”国家航空联通水平综合指数按自然断裂法分为高联通、较高联通、基本联通、较低联通和几乎无联通5个等级。结果表明：(1) 中国与“一带一路”不同国家间航空运输联通水平差异显著，呈现“金字塔”型非均衡发展特征。(2) 航空政策、航空网络、区域地理特征、区域经济水平是导致“一带一路”沿线国家航空运输联通水平发展不均衡的主要原因。本文为提高中国与“一带一路”国家空间联通水平提供了理论依据，以期通过发展“一带一路”国际航空运输市场，推动丝绸之路经济带沿线国家和地区的区域经济建设，助力“空中丝绸之路”的搭建、畅通与繁荣。

关 键 词：“一带一路”；空间联通；航空联通；中国

文章编号：1000－6060(2023)10－1723－09(1723～1731)

“一带一路”开启了中国对外开放的新格局，对全世界的共同发展和繁荣会产生重大影响。空间联通是沿线国家各要素相互流通的重要平台，在客货流动和经贸合作等领域发挥着举足轻重的作用[1]。考虑到中国与周边国家自然地理边界地形复杂多样，铁路[2]和公路的建设成本高、周期长，所以在搭建“一带一路”沿线国家空间联通时，应该率先提高中国与“一带一路”国家航空运输的联通水平。因此，研究“一带一路”国家航空运输联度水平对推进全球化、区域经济一体化、改善国际金融环境具有重要的时代价值。已有不少学者围绕着“一带一路”和空间联通进行了研究，王成金等[3]以“一带一路”沿线国家为分析地域，分别从铁路、公路、航运等基础设施方式的视角，分析了中国与沿线国家不同基础设施网络的联通性。许培源等[4]对“一带一路”六大经济走廊的铁路、公路、港口项目进行全面梳理，构建并测算各经济走廊联通的运输成本消减指数，进而模拟预测交通基础设施联通对中国和各经济走廊沿线国家的经济增长、出口贸易和福利水平的影响。余俊杰等[5]对中国与“一带一路”国家的交通基础设施互联互通水平进行了测度及动态演进，提出了航空运输在联通方面优势更为明显的新理论。李晨阳等[6]梳理了中国与周边国家联通建设的现状和挑战，发现打造周边国家基础设施的联通是复兴古丝绸之路的关键。李晓丽等[7]从公路通行能力和通行便捷性两方面，对“一带一路”区域

收稿日期：2023-02-24； **修订日期**：2023-03-23
基金项目：国家自然科学基金项目(61179074)；大学生创新创业训练计划项目(S202110624041)资助
作者简介：肖懿晨(1998-)，女，硕士研究生，主要从事航空运输与区域经济等方面的研究. E-mail: 1325877513@qq.com
通讯作者：文军(1968-)，男，博士，教授，主要从事航空运输规划与管理等方面的研究. E-mail: 1968wenJun@163.com

的公路通达性进行了分析,研究表明"一带一路"区域公路通行能力分布状况存在不平衡现象,中东欧、中国、印度形成"三极",通行能力明显高于其他区域,中亚、西亚、东北亚等地区由于公路覆盖率低、缺少高等级公路成为通行能力薄弱区域。也有部分学者围绕着中国与"一带一路"国家航空运输展开了研究。杜方叶等[8]研究总结了"一带一路"背景下中国国际航空网络的空间格局及演变。卓志强等[9]梳理得出"一带一路"倡议以来中国国际网络的空间格局并未从根本上得到改变,但与中国直接通航的沿线国家数量较之前有所增加,且沿线国家在中国国际航空网络中的地位显著提升。姚勤华[10]梳理中国与"一带一路"沿线国家的民航基础设施发展状况,提出加大民航基础设施建设对搭建"空中丝绸之路"具有重要作用。但少有学者对中国与"一带一路"国家的航空联通水平进行量化评估,是此方面研究的短板。因此,本文致力于量化评估中国与"一带一路"国家的航空运输的联通水平,以期为中国与"一带一路"国家的空间联通建设提供理论依据,助力"空中丝绸之路"的搭建、畅通与繁荣。

1 内涵界定

1.1 航空联通

联通最先是指电信网间的物理连接,是运营商的网络与其之外的设施和设备间的物理链路[11],自2000年联通概念被运用到亚洲开发银行基础设施项目以来,相继在《东盟互联互通总体规划》《亚太经合组织互联互通蓝图》等政策中出现[12],2014年习近平总书记主持加强联通伙伴关系对话会并对联通的涵义进行升华,指出联通是涵盖政策、设施、贸易、资金、民心5个方面的联通[13],并在2017年"一带一路"国际合作高峰论坛上对联通机制进一步完善。由此,研究将联通界定为在国家主权平等的基础上,实现基础设施的硬联通、政策制度的软联通和人员之间的流通,涵盖政策沟通、贸易畅通、民心相通、设施联通和资金融通五大层面。

航空联通是在航空运输的基础上进行界定,航空运输是使用航空器对人员、货物、邮件实施运送的一种运输方式。航空运输根据使用主体可分类为民用航空和军用航空,民用航空是除警察、军事、海关等国家航空运输活动外的航空活动,主要由公共航空运输和通用航空组成[14]。在联通的范畴里,航空运输是指民用公共航空运输,公共航空运输适用于旅客、货物及邮件运输,具有速度快、机动性强的特点,是国际贸易合作交流的重要运输方式之一,因此,本文定义的航空联通,是指国际民用公共航空运输的联通。

现有的关于航空联通的概念阐述极少,但经济全球化促使世界经贸往来频繁,如今超过40%的贸易价值均是通过航空运输实现,不少学者和民航界专家认为推进航空联通一是要推动航空基础设施建设,为国际航空运输发展搭建平台;二是提高航空运营水平,开拓国际航空运输市场,研发具有国际竞争力的航空运输产品;三是不断完善国际航空运输网络,加强与"一带一路"沿线国家航空运输合作。航空运输的联通是促进现代国际经济与贸易合作的重要方式,同时能够拉近国与国之间的空间距离以及文化交流,有助于资金融通、贸易畅通和民心相通[15]。

研究在联通定义的基础上对国际航空联通进行概念界定,国际航空联通是在尊重各国领土主权的基础上将不同国家和地区的民用航空运输系统相互联结起来,加强航空运输基础设施建设与联结,提升航空运输政策、制度的畅通,从而提升人员、货物的流通。通过航空联通实现国际间经济与贸易的交流,最终促进不同地区间经济合作和区域经济一体化水平。

1.2 "一带一路"国家

2013年9月10日习近平总书记出访了东亚、东南亚地区后,分别提出了建设"丝绸之路经济带"和"21世纪海上丝绸之路"的合作倡议,旨在依靠沿线各国的努力共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益、命运和责任共同体。至2023年,中国已同148个国家和32个国际组织签署200余份共建"一带一路"合作文件[16],结合中国"一带一路"合作国家的地理相关因素,将与中国签订了一带一路协议的148个国家划分为非洲、东亚、东南亚、南亚、西亚、中亚、欧洲、大洋洲、南美洲、北美洲10个区域(表1)。以上述10个区域为研究范围,对中国与其航空运输的联通水平展开分析研究。

2 数据与方法

2.1 指标选取

"一带一路"倡议的实施旨在促进五通,涵盖了

表1 一带一路沿线国家分布

Tab. 1 Distribution of countries along the Belt and Road

区域	国家	数量
非洲	苏丹、南非、塞内加尔、塞拉利昂、科特迪瓦、索马里、喀麦隆、南苏丹、塞舌尔、几内亚、加纳、赞比亚、莫桑比克、加蓬、纳米比亚、毛里塔尼亚、安哥拉、吉布提、埃塞俄比亚、肯尼亚、尼日利亚、乍得、刚果布、津巴布韦、阿尔及利亚、坦桑尼亚、布隆迪、佛得角、乌干达、冈比亚、多哥、卢旺达、摩洛哥、马达加斯加、突尼斯、利比亚、埃及、赤道几内亚、利比里亚、莱索托、科摩罗、贝宁、马里、尼日尔、刚果(金)、博茨瓦纳、中非、几内亚比绍、厄立特里亚、布基纳法索、圣多美和普林西比	51
东亚	韩国、蒙古	2
东南亚	新加坡、东帝汶、马来西亚、缅甸、柬埔寨、越南、老挝、文莱、泰国、印度尼西亚、菲律宾	11
南亚	巴基斯坦、斯里兰卡、孟加拉国、尼泊尔、马尔代夫	5
西亚	阿联酋、科威特、土耳其、卡塔尔、阿曼、黎巴嫩、沙特阿拉伯、巴林、伊朗、伊拉克、阿富汗、阿塞拜疆、格鲁吉亚、亚美尼亚、也门、叙利亚	16
中亚	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	4
欧洲	塞浦路斯、俄罗斯、奥地利、希腊、波兰、塞尔维亚、捷克、保加利亚、斯洛伐克、阿尔巴尼亚、克罗地亚、波黑、黑山、爱沙尼亚、立陶宛、斯洛文尼亚、匈牙利、马其顿、罗马尼亚、拉脱维亚、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦、马耳他、葡萄牙、意大利、卢森堡	27
大洋洲	新西兰、巴布亚新几内亚、萨摩亚、纽埃、斐济、密克罗尼西亚联邦、库克群岛、汤加、瓦努阿图、所罗门群岛、基里巴斯	11
南美洲	智利、圭亚那、玻利维亚、乌拉圭、委内瑞拉、苏里南、厄瓜多尔、秘鲁、阿根廷	9
北美洲	哥斯达黎加、巴拿马、萨尔瓦多、多米尼加、特立尼达和多巴哥、安提瓜和巴布达、多米尼克、格林纳达、巴巴多斯、古巴、牙买加、尼加拉瓜	12

政策沟通、设施联通、资金融通、民心相通、贸易畅通[17]。本着全面性、可比性、数据可得性、代表性等原则，基于航空联通的内涵界定，对应从航空政策联通、航空网络联通、航空运输联通3个方面进行航空联通的测算分析。

航空政策联通是国家对于“一带一路”倡议提出的五通愿景中居于首位的内容，有着极其重要的战略地位，中国民航局官网显示，中国与“一带一路”国家航空运输的政策交流主要包括了双边航空运输协定和适航协定，因此，在“航空政策联通”一级指标下，分别从是否同中国签署了相关运输协定和适航协定，以及中国与缔约国航权开放度3个方面进行分析。

航空网络联通是民航运输的重要条件，一般基础条件越优越的地区其民航运输的发展越为活跃，航空网络联通度越高。本文所分析的航空基础设施主要包括民航设施通达性等方面，具体可通过联通的机场数、联通的城市数、联通通航线数、联通的国家和地区4项指标来衡量航空网络联通水平[18]。

“五通”的提出旨在为沿线国家要素交流提供重要平台，要素交流在理论意义上可归纳为人和货物的交流，因此要素交流的频率可作为航空运输重要程度的重要指标，中国“一带一路”沿线国家航空运输的联通程度可运用国家之间的航班交流频率进行衡量。因此，分别从运营航司数量、往返航班数(不含港澳台)等方面考察航空运输联通水平。

因此，结合航空联通的内涵特点，建立联通水平衡量指标体系(表2)。

表2 航空联通水平衡量指标体系

Tab. 2 Index system of aviation connectivity level measurement

一级指标	二级指标	数据来源
航线网络联通指标	联通城市数(x_1)	飞常准航线图(https://map.variflight.com/)
	联通机场数(x_2)	
	联通国家和地区(x_3)	
	开通航线数(x_4)	
航空运输联通指标	运营航司数(x_5)	
	往返航班数(x_6)	
航空政策联通指标	是(1)否(0)签订航空运输双边协定(x_7)	中国民航局官网(http://www.caac.gov.cn/index.html)
	是(1)否(0)签订双边适航协议(x_8)	
	航权开放度(1~9)(x_9)	

2.2 数据来源及预处理

通过建立评价指标体系测算得到的结果是衡量中国与“一带一路”国家航空运输联通水平的重要依据。本文前半部分围绕航空运输联通及航空运输的特点建立了相应的指标体系，共9个指标，但由于“一带一路”国家数量繁多，主观的专家打分法对于此类指标体系并不适用，误差较大，而因子分析法则能科学地解决问题，它能够涵盖原始数据的各个项，将分析过程简化成因子项的分析，且因子分析法要求样本数大于指标数，因此，选用因子分析法分析各个国家的航空联通水平。

2020年新冠肺炎疫情对全球民航运输业造成巨大冲击，国内国际航线投入受限，国际航班大量熔断，因此本文以2019年航空运输数据为例研究航空运输联通水平，分析中国同“一带一路”国家航空联通水平的差异，文中数据来源于中国民航局、飞常准及《从统计看民航》。

2.3 数据标准化处理

由于不同指标数据的量纲和取值范围皆不同，没有可比性，因此需要将原始数据标准化处理从而消除量纲的影响。公式如下：

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \tag{1}$$

式中：Z_{ij} 为国家 i 的第 j 项指标的标准化数据；X_{ij} 为国家 i 的第 j 项指标的原始数据；$\min(X_j)$ 为指标 j 中数据最小值；$\max(X_j)$ 为指标 j 中数据最大值。

2.4 适用性分析

为验证能否运用因子分析法分析数据，首先进行适用性检验，对所有变量进行Bartlett球形度检验，判断sig值和KMO值。结果如表3所示，2019年指标数据的KMO值为0.796>0.7，且显著性概率(sig)为0.000<0.001，表明选用的样本数据适用因子分析。

3 结果与分析

3.1 提取公因子并计算因子得分

运用主成分分析法得出各因子的特征值和方差贡献率。2019年的累积方差贡献率为82.089%，表明2个公因子 Y_1 和 Y_2 能够代表衡量中国与“一带一路”国家航空联通水平的82.089%，可以较好地解释原始数据(表4)。

通过回归分析法求出成分得分系数矩阵，并提取2个公因子 Y_1 和 Y_2。各衡量指标用 x_i 表示，计算公式分别为：

$$Y_1 = 0.195x_1 + 0.196x_2 + 0.075x_3 + 0.213x_4 + 0.204x_5 + 0.212x_6 - 0.117x_7 - 0.003x_8 - 0.111x_9 \tag{2}$$

$$Y_2 = -0.010x_1 - 0.011x_2 + 0.186x_3 - 0.063x_4 - 0.032x_5 - 0.095x_6 + 0.470x_7 + 0.062x_8 + 0.467x_9 \tag{3}$$

为准确分析各国家的航空联通能力，需进行加权运算，得出综合得分模型，公式为：

$$Y = \frac{0.61986}{0.82089}Y_1 + \frac{0.20103}{0.82089}Y_2 \tag{4}$$

根据综合得分模型计算出各个国家的因子综

表3 KMO和Bartlett球形检验

Tab. 3 KMO and Bartlett's sphericity test

KMO检验	Bartlett球形度检验		
	近似卡方	自由度	显著性
0.796	3025.951	36	0.000

表4 2019年总方差解释

Tab. 4 Interpretation of total variance in 2019

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比/%	累积/%	总计	方差百分比/%	累积/%
1	5.579	61.986	61.986	5.579	61.986	61.986
2	1.809	20.103	82.089	1.809	20.103	82.089
3	0.997	11.077	93.165	-	-	-
4	0.421	4.679	97.844	-	-	-
5	0.135	1.497	99.341	-	-	-
6	0.030	0.335	99.676	-	-	-
7	0.017	0.191	99.867	-	-	-
8	0.012	0.131	99.998	-	-	-
9	0.000	0.002	100.000	-	-	-

合得分，表5中仅列举综合得分大于0的国家。

3.2 中国与“一带一路”国家航空运输联通水平

依据因子分析法得出的“一带一路”国家航空联通水平因子综合得分，将联通水平划分为高度联通、较高联通、基本联通、较低联通和几本无联通5个级别。本文选用*K*-均值聚类算法求解，设“簇=5”，得出初始数据聚类中心分别为4.98、3.65、2.47、0.86和−0.40，并通过不断迭代求得最优的联通水平划分结果，如表6所示。

4 讨 论

4.1 中国与亚洲地区“一带一路”国家航空运输联通水平最高

总体来看，中国与亚洲各地区国家的航空运输联通水平最高，与东南亚国家的航空运输联通水平排在亚洲首位。其中中国与泰国的航空运输在“一带一路”国家中联通水平最高，与韩国、越南处于较高联通水平，同新加坡、马来西亚、缅甸等国家处于基本联通。与徐菲对南亚[19]、仇甦对中亚[20]的研究结论相同，故可从政策方便、地缘毗邻、经济活力[21] 3个方面分析其主要原因：

（1）在政策方面，中国与泰国等东南亚十国已开放至第五航权，且依据中国民航局最新公布的《国际货运航权配置规则》，中国与这10个东南亚国家的往返全货运航线均为一类航线，大大降低了同中国航空运输联通的限制。

（2）泰国作为同中国航空联通水平最高的国家原因还在于其较为发达的航空运输业以及丰富的旅游资源，航空客运成为中国游客入境泰国的主要运输方式，且航空客运在其国际客运市场上占比较大。泰国现有57个机场及8个国际机场，与中国开通了200多条固定航线，联通了中国北京、上海、广州、昆明、成都、汕头、香港等多个城市，在泰国曼谷素万纳普国际机场投入使用后成为东南亚地区重要的交通枢纽。

（3）东南亚地区是当今世界经济发展最有活力和潜力的地区之一，为民用航空企业带来良好的机遇环境。航空运输企业是航空运输联通的中流砥柱，受国家大环境的影响，依据世界银行公布的全球各国的营商环境指数，东南亚部分国家的排名较为靠前，新加坡排名第二、马来西亚第十五名、泰国第二十一名，代表民航企业的运营环境良好，从而推动着中国同这些国家的航空联通。

表5 航空联通水平因子分析综合得分大于0的国家及其得分

Tab. 5 Countries and their scores with a comprehensive score greater than 0 in factor analysis of aviation connectivity level

区域	国家	Y_1	Y_2	Y
非洲	南非	−0.11	1.05	0.17
	埃塞俄比亚	−0.11	1.00	0.16
	肯尼亚	−0.18	0.90	0.09
	埃及	−0.05	1.00	0.21
东亚	韩国	4.86	−0.07	3.65
	蒙古	0.07	0.98	0.29
东南亚	新加坡	2.69	0.67	2.20
	马来西亚	2.46	0.58	2.00
	缅甸	1.75	0.97	1.56
	柬埔寨	3.05	0.82	2.51
	越南	4.12	0.30	3.19
	老挝	0.53	1.17	0.68
	文莱	0.17	0.97	0.37
	泰国	6.75	−0.47	4.98
	印度尼西亚	1.94	0.91	1.69
	菲律宾	2.06	0.65	1.72
南亚	巴基斯坦	−0.05	0.88	0.18
	斯里兰卡	0.08	0.86	0.27
	孟加拉国	−0.08	0.88	0.16
	尼泊尔	0.24	0.99	0.42
	马尔代夫	0.30	1.06	0.49
西亚	阿联酋	0.84	0.94	0.86
	土耳其	0.08	0.97	0.29
	卡塔尔	0.01	0.87	0.22
	沙特阿拉伯	0.03	0.88	0.24
	伊朗	−0.17	0.79	0.07
	阿塞拜疆	−0.19	0.80	0.05
中亚	哈萨克斯坦	0.17	0.96	0.37
	乌兹别克斯坦	−0.23	0.80	0.02
欧洲	俄罗斯	3.06	0.65	2.47
	奥地利	0.11	0.97	0.32
	捷克	−0.23	0.95	0.06
	匈牙利	−0.11	1.05	0.17
	乌克兰	−0.27	0.96	0.03
	意大利	0.62	0.89	0.68
大洋洲	新西兰	0.48	1.17	0.65
	斐济	−0.23	0.91	0.05

注：Y_1为提取的公因子1；Y_2为提取的公因子2；Y为航空联通因子综合得分。

表6 中国与"一带一路"国家航空联通水平划分

Tab. 6 Classification of air connectivity level between China and the countries along the Belt and Road

航空互联互通类别	国家	数量
高度联通	韩国、泰国	2
较高联通	柬埔寨、印度尼西亚、马来西亚、缅甸、菲律宾、俄罗斯、新加坡、阿拉伯联合酋长国、越南	9
基本联通	匈牙利、意大利、哈萨克斯坦、老挝、马尔代夫、尼泊尔、新西兰、沙特阿拉伯、南非	9
较低联通	阿富汗、阿尔及利亚、阿根廷、奥地利、阿塞拜疆、巴林、孟加拉国、白俄罗斯、玻利维亚、文莱、喀麦隆、古巴、捷克共和国、埃及、埃塞俄比亚、斐济、格鲁吉亚、加纳、希腊、格林纳达、伊朗、伊拉克、肯尼亚、吉尔吉斯斯坦、黎巴嫩、卢森堡、马达加斯加、密克罗尼西亚、蒙古、纳米比亚、阿曼、巴基斯坦、巴拿马、巴布亚新几内亚、波兰、卡塔尔、卢旺达、塞尔维亚、塞舌尔、斯洛文尼亚、斯里兰卡、塔吉克斯坦、坦桑尼亚、土耳其、乌克兰、乌兹别克斯坦、瓦努阿图、津巴布韦、吉布提	49
几本无联通	阿尔巴尼亚、安哥拉、安提瓜和巴布达、亚美尼亚、巴巴多斯、贝宁、波黑、博茨瓦纳、保加利亚、布基纳法索、布隆地、佛得角、乍得、智利、科摩罗、刚果、库克群岛、哥斯达黎加、科特迪瓦、克罗地亚、塞浦路斯、刚果民主共和国、多米尼加共和国、多米尼克、厄瓜多尔、萨尔瓦多、赤道几内亚、厄立特里亚、爱沙尼亚、加蓬、冈比亚、几内亚、几内亚比绍、圭亚那、牙买加、基里巴斯、科威特、拉托维亚、莱索托、利比里亚、利比亚、立陶宛、马其顿、马里、马耳他、毛里塔尼亚、中非共和国、摩尔多瓦、黑山、摩洛哥、莫桑比克、尼加拉瓜、尼日尔、尼日利亚、纽埃、秘鲁、葡萄牙、罗马尼亚、萨摩亚、圣多美和普林西比、塞内加尔、塞拉利昂、斯洛伐克、所罗门群岛、索马里、南苏丹、苏丹、苏里南、叙利亚、东帝汶、多哥、汤加、特立尼达和多巴哥、突尼斯、乌干达、乌拉圭、委内瑞拉、也门、赞比亚	79

4.2 中国与欧洲地区"一带一路"国家航空运输联通水平较高

中国与欧洲地区"一带一路"国家航空运输联通水平较高，其中俄罗斯是同中国航空联系最紧密的"一带一路"欧洲国家，且在所有"一带一路"国家中排名靠前，从政治[22]、政策和地理环境3个方面分析其主要原因：

（1）俄罗斯在"一带一路"建设中具有重要的战略地位，是对"一带一路"态度最积极和合作程度最高的国家，在沿线区域中发挥着重要的交通联通作用。1996年俄罗斯政府同中国政府建立战略协作伙伴关系，之后在2011、2014年不断加强战略协作伙伴关系，2019年中俄两国的关系正式提升为新时代全面战略协作伙伴关系，双方在此历程中积极促进"一带一路"同欧亚经济联盟的对接与合作。

（2）中国与俄罗斯不仅较早建立了双边运输联系和双边适航关系，之后还签署了多个相关航空运输协议，且已开通至第五航权，往返全货运航线均为一类航线，双方航空运输政策联通度高。

（3）由于俄罗斯地广人稀的地理环境，航空运输成为俄罗斯发展交通的首选方式，其现有机场1200多个，在全球拥有机场数国家中排名第五。与中国北京、哈尔滨、广州等20多个城市拥有固定航班往来，且开通了100多条固定航线，联通两国共59个城市。

4.3 中国与非洲、大洋洲、美洲大多数国家航空运输处于低联通水平甚至无联通

非洲地区的南非、埃塞俄比亚、肯尼亚、埃及；大洋洲地区的新西兰、斐济与中国的航空联通水平较低。除上述几个国家，非洲、大洋洲、美洲的其余国家与中国的航空联通均处于低联通甚至无联通水平，其中非洲地区无航空联通国家数量最多，其次是美洲。参考马卫等[23]的研究，从国家开放度和区域经济的角度分析造成这一现状的主要原因：

（1）大洋洲地区一共有16个国家，地理上被划分为6个区，是世界上人口最少的一个大洲。各国发展水平差距较大，"一带一路"国家中只有新西兰是发达国家，其他岛国大多为农业国，经济发展较为落后，因此综合交通运输发展水平低下，主要发展铁路和公路运输，民航基础设施并不完善，并未与中国开通直航线路，国际机场数较少。新西兰则成为了大洋洲航空运输业的主要集聚地之一，现有4个国际机场，开通有往返中国的固定航线，同时还承担着其他大洋洲岛国与中国航空运输往来的中转业务。

（2）非洲大陆在世界交通运输业上是较为落后的一个洲，并未有完整的交通运输体系，主要围绕公路运输业发展，南非、埃塞俄比亚、肯尼亚、埃及等个别国家的航空运输业发展较好，同中国开通有固定航线，但航班量并不多。由于非洲部分国家发展较为闭塞，甚至出现交通运输业的空白区，与中

国开通直航的非洲国家数量较少,因此造成了整体联通水平低下甚至无联通的现状。

(3)美洲地区包括了北美和南美,其整体上公路交通和铁路交通较为发达,经济发展中心集聚在美国,“一带一路”合作国家均为发展中国家,因此这也导致中国与美洲地区的国际运输往来基本聚集在北美,航空运输发展水平差异显著。且由于受殖民统治影响,部分国家独立后经济发展依旧较为落后,造成民航基础设施水平低下,从统计数据来看,美洲“一带一路”国家中仅古巴开通有3条与中国的直航线路,航班量低下,固定在平均每月9个往返直航航班,因此中国与该地区整体航空联通水平低下甚至无联通。

5 结 论

(1)中国在推进“一带一路”沿线国家航空联通方面取得了初步成果,但受中国与“一带一路”国家间航空运输政策、航线网络、区域地理特征、区域经济水平等因素的影响,中国与“一带一路”国家的航空运输联通水平存在显著差异,呈现“金字塔”型非均衡发展特征。

(2)航空政策、航空网络、区域地理特征、区域经济水平是导致“一带一路”沿线国家航空运输联通水平发展不均衡的主要原因。建议结合区域地理特征,有侧重地选择关键节点城市,打造空中交通走廊,加速推进航空运输联通建设,确保达到政治效益和经济效益最大化的目标。结合各国经济大环境和现有交通基础设施配备,因地制宜地提出不同建设方案,多方合力,争取全面协调发展。

参考文献(References)

[1] 达成, 张富涛, 钱勇生, 等. 关中平原城市群“交通-产业-环境”耦合协调发展的动态演化特征分析[J]. 干旱区地理, 2022, 45(3): 955-965. [Da Cheng, Zhang Futao, Qian Yongsheng, et al. Dynamic evolution characteristics of coordinated development of transportation-industry-environment in Guanzhong Plain urban agglomeration[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(3): 955-965.]

[2] 张富涛, 钱勇生, 曾俊伟, 等. 高速铁路背景下西北地区铁路可达性与空间相互作用格局变化分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(4): 1164-1174. [Zhang Futao, Qian Yongsheng, Zeng Junwei, et al. Railway accessibility and spatial interaction pattern change in northwest China in the background of high speed rail[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(4): 1164-1174.]

[3] 王成金, 陈沛然, 王姣娥, 等. 中国-丝路国家基础设施连通性评估方法与格局[J]. 地理研究, 2020, 39(12): 2685-2704. [Wang Chengjin, Cheng Peiran, Wang Jiao'e, et al. Evaluation method of infrastructure interconnection between China and other countries along the Belt and Road and its spatial pattern[J]. Geographical Research, 2020, 39(12): 2685-2704.]

[4] 许培源, 姚尧. “一带一路”交通基础设施联通的经济效应[J]. 东南学术, 2021, 282(2): 111-123. [Xu Peiyuan, Yao Yao. Economic effects of the Belt and Road transport infrastructure connectivity[J]. Southeast Academic Research, 2021, 282(2): 111-123.]

[5] 余俊杰, 支宇鹏, 陈禹帆. 中国与“一带一路”沿线国家的交通基础设施互联互通水平测度及动态演进[J]. 统计与决策, 2020, 36(19): 56-59. [Yu Junjie, Zhi Yupeng, Chen Yufan. Measurement and dynamic evolution of transport infrastructure connectivity between China and countries along the Belt and Road[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(19): 56-59.]

[6] 李晨阳, 杨祥章. 中国与周边国家互联互通建设的进展、挑战与前景[J]. 战略决策研究, 2015, 6(4): 3-16, 102. [Li Chenyang, Yang Xiangzhang. Connectivity construction between China and its neighboring countries: Progression, challenge and prospect[J]. Journal of Strategy and Decision-Making, 2015, 6(4): 3-16, 102.]

[7] 李晓丽, 吴威, 刘玮辰. 基于国际公路运输链的“一带一路”区域公路通达性分析[J]. 地理研究, 2020, 39(11): 2552-2567. [Li Xiaoli, Wu Wei, Liu Weichen. Analyzing the highway accessibility in the Belt and Road region based on international highway transport chain[J]. Geographical Research, 2020, 39(11): 2552-2567.]

[8] 杜方叶, 王姣娥, 谢家昊, 等. “一带一路”背景下中国国际航空网络的空间格局及演变[J]. 地理科学进展, 2019, 38(7): 963-972. [Du Fangye, Wang Jiao'e, Xie Jiahao, et al. Spatial pattern and change of China's international air transport network since the Belt and Road Initiative[J]. Progress in Geography, 2019, 38(7): 963-972.]

[9] 卓志强, 姚红光. “一带一路”沿线航空网络结构及其鲁棒性研究[J]. 物流科技, 2018, 41(5): 78-84. [Zhuo Zhiqiang, Yao Hongguang. Study on the structure and the robustness in the aviation network along “the Belt and Road Initiative”[J]. Logistics Sci-Tech, 2018, 41(5): 78-84.]

[10] 姚勤华. 中缅交通互联互通现状与前景分析——以云南基础设施建设为视角[J]. 社会科学, 2017(5): 25-37. [Yao Qinhua. Analysis on the current situation and prospect of Sino-Myanmar traffic connectivity: From the perspective of infrastructure construction in Yunnan[J]. Journal of Social Sciences, 2017(5): 25-37.]

[11] 王列辉. 互联互通: 中国航运网络的结构与演化[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 1-12. [Wang Liehui. Connectivity: Structure and evolution of shipping networks in China[M]. Beijing: Science Press, 2018: 1-12.]

[12] 李锋, 徐兆梨. 中国-东盟互联互通程度测量及对策[J]. 北京工商大学学报(社会科学版), 2017, 32(2): 50-57. [Li Feng, Xu Zha-

oli. Measurement and countermeasure for interconnection between China and ASEAN[J]. Journal of Beijing Technology and Business University (Social Sciences Edition), 2017, 32(2): 50−57.]

[13] 习近平. 联通引领发展, 伙伴聚焦合作, 在"加强互联互通伙伴关系"东道主伙伴对话会上的讲话[J]. 市场观察, 2014(增刊1): 1−3. [Xi Jinping. Connectivity leads the development and partners focus on cooperation, Speech at the host partner dialogue on "strengthening connectivity partnership"[J]. Market Observation, 2014(Suppl. 1): 1−3.]

[14] 安树伟. 区域经济发展离不开航空运输[J]. 小康, 2019(25): 24−25. [An Shuwei. Regional economic development is inseparable from air transport[J]. Insight China, 2019(25): 24−25.]

[15] 曹开军, 商宁, 王秘秘. 中国西北五省乡村旅游重点村时空分布格局与可达性分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1196−1205. [Cao Kaijun, Shang Ning, Wang Mimi. Spatial distribution pattern and accessibility analysis of the key rural tourism villages in the five northwestern provinces of China[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(7): 1196−1205.]

[16] 张馨月, 吴信如. "一带一路"倡议对沿线国家的减贫效应——基于"五通"作用机制的分析[J]. 山东社会科学, 2022, 37(11): 169−175. [Zhang Xinyue, Wu Xinru. The poverty reduction effect of the "the Belt and Road" initiative on countries along the line: Based on the analysis of the mechanism of the "five links" [J]. Shandong Social Sciences, 2022, 37(11): 169−175.]

[17] 张馨月, 吴信如. 中国对"一带一路"沿线国家投资的社会福利效应——兼论"五通"指数的调节作用[J]. 云南财经大学学报, 2022, 38(6): 15−30. [Zhang Xinyue, Wu Xinru. The social welfare effect of China's investment in the countries along the "Belt and Road": And the moderating effect of the "Five Links" index[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2022, 38(6): 15−30.]

[18] 闫宇航, 路紫, 董雅晴, 等. 疫情背景下全球航空市场空间存在形式研究[J]. 地理研究, 2023, 42(3): 775−788. [Yan Yuhang, Lu Zi, Dong Yaqing, et al. The form of global aviation market space in the context of the epidemic[J]. Geographical Research, 2023, 42(3): 775−788.]

[19] 徐菲, 张春和, 谢琨. "一带一路"倡议下中国-南亚区域合作: 发展、困境与转向[J]. 南亚研究季刊, 2018(1): 94−100, 6. [Xu Fei, Zhang Chunhe, Xie Kun. China-South Asia regional cooperation under the Belt and Road Initiative: Development, dilemma and transition[J]. South Asian Studies Quarterly, 2018(1): 94−100, 6.]

[20] 仇韪, 李金叶. 中国与中亚国家交通运输业的合作发展探讨——基于"一带一路"战略背景考量[J]. 对外经贸实务, 2016, 335(12): 22−26. [Chou Wei, Li Jinye. Discussion on the cooperation and development of transport industry between China and Central Asian countries[J] Practice in Foreign Economic Relations and Trade, 2016, 335(12): 22−26.]

[21] 郭建科, 梁木新. 中国与"21世纪海上丝绸之路"沿线国家航运网络及经贸联系的耦合特征[J]. 地理学报, 2022, 77(6): 1531−1545. [Guo Jianke, Liang Muxin. The coupling characteristics of the shipping network and trade between China and the countries along the 21st Century Maritime Silk Road[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(6): 1531−1545.]

[22] 刘彦, 刘蒙阕. 俄罗斯"一带一路"研究的进展、议题与启示[J]. 西伯利亚研究, 2022, 49(5): 43−55, 118. [Liu Yan, Liu Mengque. Progress, issues and implications of Russia's studies on the Belt and Road Initiative[J]. Siberian Studies, 2022, 49(5): 43−55, 118.]

[23] 马卫, 黄晓燕, 曹小曙. "一带一路"沿线国家开放度时空格局及其影响因素[J]. 干旱区地理, 2020, 43(5): 1358−1370. [Ma Wei, Huang Xiaoyan, Cao Xiaoshu. Spatio-temporal pattern of openness of countries along the Belt and Road intiative and its influencing factors[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(5): 1358−1370.]

Differences and causes of spatial connectivity between China and countries along the Belt and Road

XIAO Yichen[1], WEN Jun[1], LI Lingyu[2], FENG Qingwang[1]

(1. College of Airport, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China;
2. College of Economic and Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China)

Abstract: Transport infrastructure connectivity is an important part of the Belt and Road Initiative. Considering the complex geographical characteristics of China and its neighboring countries as well as the high costs and long cycle of railway and road construction, taking initiative to improve the level of air transport connectivity between China and the countries along the Belt and Road Initiative is imperative when setting up the space connectivity. Based on the development background of the Belt and Road construction, this paper defines the concept of air transport connectivity and investigates the spatial connectivity between China and the countries along the Belt and Road. By combing the status quo of the air transport connectivity between China and the countries along the Belt and Road, and combining it with its connotation characteristics, nine indicators were selected to construct an evaluation index system for air transport connectivity. The required data were collected from the Civil Aviation Administration of China, Aviation Standard and Civil Aviation from the Perspective of Statistics, the index data were standardized, the comprehensive score of the air transport connectivity between China and the countries along the Belt and Road was calculated using the factor analysis method, and the *K*-means clustering algorithm was adopted. According to the natural break method, the comprehensive index of the air transport connectivity level in these countries was divided into five levels: high connectivity, high connectivity, basic connectivity, low connectivity, and almost no connectivity. The study revealed that: (1) China has made preliminary achievements for promoting the air transport connectivity with the countries along the Belt and Road. However, owing to the influence of air transport policies, air network, regional geographical characteristics, regional economic level, and other factors between China and the countries along the Belt and Road, significant differences exist in the air transport connectivity level between China and these countries. This difference is characterized by the unbalanced development of a “pyramid” type. (2) The aviation policy, aviation network, regional geographical characteristics, and regional economic level were mainly responsible for the unbalanced development of the air transport connectivity in these countries. Selecting key node cities based on regional geographical characteristics, building air traffic corridors, accelerating the construction of air transport connectivity, and obtaining maximum political and economic benefits are suggested. By considering the economic environment and existing transportation infrastructure in each country, different construction plans should be proposed based on local conditions, and all parties should work together to achieve comprehensive and coordinated development. In this paper, a theoretical basis for improving the spatial connectivity between China and the countries along the Belt and Road was provided to promote the regional economic construction in the countries and regions along the Silk Road Economic Belt by developing an Belt and Road international air transport market and facilitate the smooth construction and prosperity of the “Air Silk Road.”

Key words: the Belt and Road; spatial connectivity; air connectivity; China